(19) 日本国格許庁 (JP)

€ 翐 4 꺏 华 噩 么 (12)

特期2003-347586 (11)特許出顧公開番号

(P2003-347586A)

平成15年12月5日(2003.12.5) (43)公開日

H01L 33/00 (51) Int.Cl.

デーマコート"(参考) C 5F041 H01L 33/00 Ê 2 **₩** 70 超水母の数6 暂空耐水 有

> (62)分割の投示 (21) 出國帝中 (22) 出版日

> 特展2003-193785(P2003-193785) 平成10年12月24日(1998.12.24) **物質平10-366803の分割**

> 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 000003078 (71)出題人

微杂室区 (72)発明者

福岡県北九州市小倉北区下到沖1丁目10番 1号 株式会社東芝北九州工場内

梅田県北九州市小台北区下到洋1丁目10番 **新田原** (72) 発明者

1号 株式会社東芝北九州工場内

弁理士 吉武 賢次 100075812 (74)代理人

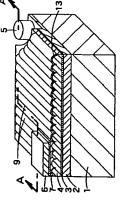
(944名)

最終買に続く

半導体発光報子 (54) [発明の名称]

(57) [要約]

【課題】 動作電圧の上昇や歩留まりの低下を抑えなが おの取り出し効率が高い半導体発光紫子を提供する。 【解決手段】 窒化物半導体発光器子において、発光素 子の光取り出し面の表面に、単数または複数のレンズ形 状の凸部を形成する。これにより、活性圏から放出され た光の取り出し効率すなわち、外部量子効率を高くする を、結晶成長後にP型ドーパントを拡散させる方法によ うにしたので、ドーパント濃度を高めながら表面荒れを 坊止し、動作既圧の上昇や歩留まりの低下を抑えること って、表面付近のP型ドーパント濃度が高い層になるよ ことができる。また、光取り出し面側のp型GaN層



(2) 003-347586 (P2003-ch86

7

(對水項 1) 発光層と

前記窒化物半導体層上に形成された透明電極と 前配発光層上に形成された蟹化物半導体層と、

ノズ形状の凸部が形成されていることを特徴とする半導 前記透明医極の表面に集光性を有する単数又は複数のレ

(請求項2) 前記窒化物半導体圏の表面に単数又は複数 の凸部が形成され

は、前記強化物半導体層の前記装面の形状に応じた形状 前記透明知極の前記表面の前記レンズ形状の前記凸部 であることを特徴とする間求項1記載の半導体発光紫

【請求項3】発光層と

前記盤化物半導体圏上に形成された透明電極と 前記発光層上に形成された窒化物半導体層と 前記透明配極上に形成された光取り出し層と 前記光取り出し層の表面に集光性を有する単数又は複数 のフンズ形状の凸部が形成されていることを特徴とする 半導体発光紫子。

を備え、

は、前記透明電極層との接触面の付近において、ドーバ ントが高い濃度で導入されていることを特徴とする請求 項1~3のいずれか1つに記載の半導体発光器子。

【請求項5】前記透明電極は、前記強化物半導体層と接 啦して設けられた100nm以下の層厚の金属からなる 層を有することを特徴とする翻求項1~4のいずれか1 しに記載の半導体発光紫子。

【請求項6】前記透明電極または前記光取り出し層の表 るいはロッドレンズとして作用することを特徴とする前 面に形成された前記凸部が、ツリンドリカル・レンズも 坎頂1~5のいずれか1つに記載の半導体発光紫子. 【発明の詳細な説明】

N、GaAINなどの強化物系半導体圏が積困された発 光紫子であって、高輝度化、信頼性の向上などが苦しい 【発明の属する技術分野】本発明は、半導体発光紫子に 関する。より詳しくは、本発明は、GaN、InGa 半導体発光紫子に関する。

体を用いることにより、紫外光から竹色、緑色の波長帯 【従来の技術】窒化ガリウムに代表される窒化物系半導 の発光報子が実用化されつつある。 [0002]

とは、B, I n, A I, Ga(!-r.y.;) N (0≦x≤1, 0≤y≤1, 0≤z≤1)なる組成式で殺される!! は、Nに加えてリン(P)や砒紫(As)などを含有す 【0003】ここで、本願において「窒化物系半導体」 1 -V族化合物半導体を含み、さらに、V族元衆として

でも安定した材料であるので電子デバイスへの応用も期 光、中色光、緑色光等の発光が可能となりつつある。ま た、蹬化物系半導体は、結晶成長温度が高く、高温度下 (LED) や半導体レーザなどの発光器子を形成するい 【0004】 題化物深半導体を用いて 発光ダイオード とにより、これまで困難であった発光強度の高い紫外 待されている。

[0005]以下、毀化物系半導体を用いた半導体発光 101の上にGanバッファ畑 (図示せず)、n型Ga の一部がエッチング除去されて、 n型GaN图102が 路出されている。p型GaN層103上にはp側透明度 森子の─例としてしEDを例に挙げて説明する。図10 は、従来の窒化物系半導体LEDの断面構造を殺す概念 図である。 すなわち、従来のLEDは、サファイア茲板 また、n型GaN四102の上にはn回町色105が形 た、1 nGaN発光图103およびp型GaN图104 N層102、InGaN発光图103、p型GaN層1 0.4が順次エピタキシャル成長された構成を有する。ま 極113が形成され、その一部に観流阻止用の絶換膜1 07とp回ボンディング配極106が隔層されている。 成されている。

[0006] このような構造においては、p 回転極10 13で広げられ、p型GaN層103からn型GaN層 6を介して注入された电流は、導电性の良い透明电極1 102に電流が注入されて発光し、その光は遊明電極1 13を超過してチップ外に取り出される。

【発明が解決しようとする麒題】ところが、図10に例 示したような従来の盟化物系半導体発光器子は、光の取 り出し効率が悪いという問題を有していた。 [0000]

【0008】 すなわち、GaNの屈折率は2.67と大 のために、外部量子効率を改革してより大きな発光パワ **つまり、光出射面の法核からみて、この臨界屈折角より** 出せない。チップの袋面にAR(anti-reflection :反 も大きい角度で入射した光は、LEDチップの外に取り 好防止)膜を形成しても、この臨界角は致わらない。こ さいために、臨界屈折角が21.9度と極めて小さい。 **一を得ることが困難であった。**

【0009】 いいで、光散り出し間であるp型GaN層 GaN層はある程度の厚さが必要となる。そして、電極 すると、結晶驳面の面流れが発生し、虹極劇がれ等が発 の表面を凹凸形状に加工すれば、この問題を改善するこ とができる。しかし、凹凸形状を形成するためにはP蚪 との接触抵抗を少しでも低減するために高温度の不純物 やドーピングしつつ、厚いp型GaN層を形成しようと 生しやすくなり、歩留まりが低下するという問題が生じ

Vと広いために、電極とオーミック接触をさせることが [0010] また、GaNのバンドギャップは3.4e

難しい。このため、上記の装面消れを防止するためにドービング強度を低下させると、軽極部の接触抵抗が高くなる。その結果、業子の動作既圧が高くなるとともに、発発も大きいという問題が生ずる。

[0011]本発明は、かかる種々の課題の認識に基づいてなされたものである。すなわち、その目的は、動作電圧の上昇や歩留まりの低下を抑えながら、光の取り出し効率が高い半導体発光紫子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】本発明の半導体発光案子は、発光層と、前記発光層上に形成された選化物半導体層と、前記強化物半導体層上に形成された透明電極と、音偏え、前記透明電極の表面に集光性を有する単数又は複数のレンズ形状の凸部が形成されていることを特徴と複数のレンズ形状の凸部が形成されていることを特徴と

【0013】また、本発明の半導体発光案子は、発光園と、前記発光图上に形成された選化物半導体層と、前記強化物半導体層上、前記透明電極上に形成された透明電極と、前記透明電極上に形成された光取り出し層と、を備え、前記光取り出し層の表面に集光性を有する単数又は複数のレンス形状の凸部が形成されていることを特徴とする。

【発明の実施の形態】以下に図面を参照しつ、本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明の半導体発光条子を表す斜視概念図である。すなわち、同図の半導体発光条子は、サフィイ基板1の上にGaNバッフェ個(図示せず)、n型GaN層2、1nGaN発光度、1nGaN発光の報告のである。1nGaN発光度、1nGaN発光度の表表が同された構造を有する。また、1nGaN発光度3およびP型GaN層4は選択的にエ・チング除去されて、n型GaN層2が選出されている。中型GaN層2が選出されている。中型GaN層2が提出されている。中型GaN層2が形成されている。そして、P型GaN層を開展でいる。中で、P型GaN層で対している。また、n型GaN層2の上には、p回透明電色13が形成され、その上に中間のボンディング・バッド6が選択的に積層されている。また、n型GaN層2の上にはn側電極5が形成されている。また、n型GaN層2かにはn側電極5が形成されている。また、n型GaN層2の上にはn側電極5が形成されている。

【0015】本発明の特徴的な点のひとつは、P型GaNB4の数面に凹凸状の加工が確されている点にある。すなわち、図示した例においては、P型GaNB4の数面にシリンドリカル・レンズ状の複数の凸部9が形成されている。P型GaNB4の装面をでした。P型GaNB4の表面を表面をこれている。P型GaNB4の表面を表面をこれらに加工することにより、活性B3から放出された光の取り出し効率を投替することができる。

【0016】すなわち、図10に示した従来例のように 光の取り出し面が中面であると、活性層 3から放出され た光のうちで、取り出し面に対して臨界角よりも大きい 法線角度で給めに入射した光は、全反射される。これに 対して、本発明の発光祭子においては、光取り出し面に 対して、終めに入射した光も、入射した凹凸面との角度に だして外部に通り抜けることができるようになる。ま

た、全反射された光も、凹凸面において反射を繰り返し、その過程において、臨界角よりも小さい法線角度で凹凸部の表面に入射した時に、外部に通り抜けることが

【0017】つまり、従来の平面状の光取り出し面の場合と比べて、凹凸面の場合には、臨界角である21.9よりも小さい法数角で入射する確率が微値する。その結果として、活性層3から放出された光を外部に取り出すことのできる効率、すなわち外部量子効率を大幅に改算することができる。

【0018】また、本実施形態においては、P型GaN個もの表面の凸状部は複数のシリンドリカル・レンズあるいはロッドレンズとしても作用する。従って、これのの凸状部の下方の活性層の線状部分から放出された光は、それぞれのシリンドリカル・レンズによって集光され、複数の線状のビームとして放出される。

[0019] - 方、本発明による半導体発光案子のもう ひとつの特徴点は、p型GaN層4の表面付近にマグネ シウム(Mg) が高い過度で含有されていることであ る。すなわち、後に詳述するように、本発明において は、案子の製造工程において、p型GaN層4の表面に マグネシウムを含む金属層を一旦推復し、熱処理を施し ママオシウムを含む金属層を一旦推復し、熱処理を施し てマグネシウムを含むの個4の表面層に拡散させた後 に、その金属層を除去して、p関透明電極13を形成す る。このような独特のプロセスによって、p型GaN層 4の表面付近のキャリア濃度を上昇させ、透明電面13 とロイ、案子の動作電圧を低減させ、指導性を改善する ことができる。

【0020】さらに、このようにマグネシウムをも型GaN個4の毎回面に高速度にドービングすることによって、中型GaN個4の「面流れ」を回避することもできる。すなわち、本発明においては、中型GaN個4の表面に凹凸を設けるために、りで、たの下のであい速度でドービングと必要がある。しかし、中間電極とある程度厚く形をを確保するために中型ドーバントを高い速度でドービングにつ、GaN個4を写く成長すると「面流れ」が発生するという問題があった。このような「面流れ」が発生するという問題があった。このような「面流れ」が発生するという問題があった。このような「面流れ」が発生すると、中間の対しの加工を施した後も、その表面の結晶の出倒は良好でなく、群特性が低下する。例えば、面流れにより電極製がれが起こりやすくなり、歩留まりが低下する。

【のの21】これに対して、本発明によれば、成長後にマグネシウムを導入するので、P型GaN層4の成長に際しては、ドーピング強度をほど高くする必要がない。従って、「面落九」を招くことなく、GaN層4を写く成長することが可能となる。

【0022】次に、本発明の発光素子の製造方法の具体 例について説明する。 【0023】図2及び図3は、本発明の発光紫子の要部

製造方法を表す概略工程所面図である。すなわち、これらの図は、図1に示したA-A袋で切断した断面の一部を表す概略所面図である。

【の024】まず、同図(a)に我したように、サファイア基板1の上に、図示しないGaNバッファ個、n型GaN層を順度 NMG4を順次結晶成長する。結晶成長法としては、例えば、MOCVD(metal-organic chemical vapor deposition)法、ハイドライドCVD法、あるいはMBE(molecular beam epitaxy)などの方法を挙げることができる。

【0025】次に、図2(b)に表したように、レジストパターンを形成する。具体的には、P型GaN層4の窓面にレジストを塗布し、PEP(photo-engraving process)法によりパターニングして、複数の平行なストライア状のレジストパターニングして、複数の平行なストパターンの目標をある。レジストパターンの具体的な十法は、活性層3から光取り出し面までの距離や、発光紫子が使用される光学系において要求される光強度か布などに応じて適宜洗束することが望ましい。具体的には、例えば、レジストパターンのストラインの基及が間隔をそれぞれ数ミクロン程度とすることがある。

[0026]次に、図2(c)に表したように、レジストパターン30の形状を加工する。具体的には、熱処理を施すことにより、ストライプ状のレジストを軟化させて機能面が半円状の「かまばこ形状」に変形させる。[0027]次に、図2(d)に接したように、レジストパターン30の形状を中型GaN面4に転写する。具体的には、レジストパターン30の上からR1E(restivejon etching)やインシング(10m milling)等の方法によりエッチングする。すると、レジストパターン30が過次エッチングする。すると、レジストパターン30が順次エッチングされ、さらに、その下の中型

P型G a N層4の表面にレジストパターン30の断面形

状に似た凹凸を形成することができる。

GaN層4も順次エッチングされる。このようにして、

(0028) ここで、レジストパターン30の所面形状と、加工後のP型GaN面4の表面凹凸の町面形状との関係は、エッチング速度の比率によって決定される。すなわち、レジストパターン30のエッチング速度に対して、P型GaN面4のエッチング速度に対して、P型GaN面4の正は、レジストパターン30のエッチング速度に対して、P型GaN面4の回凸は、レジストパターンよりも緩和される。使って、P型GaN面4の凹凸は、レジストパターン30の町面形状とエッチング強度、レジストパターン30の町面形状とエッチング強には、レジストパターン30の町面形状とエッチンが強圧を適宜調節することにより制御することができる。10029〕次に、図3(a) に表したよう。に、区3(a) に表したよう。に、以近四凸形状を加工したP型GaN面4の数面4年にNg(a) にマグネシウム)面40とAu(金) 固42を原次蒸替し、熱処理を簡す。ここで、Mg面40の回口は例えば

10 nm、Au 個42の個項は例えば100 nmとすることができる。また、熱処理の温度を、300℃以上とすることにより良好な結果が得られる。別えば、750℃で20秒間程度のフッシュアニールを縮すことが効果的である。この工程により、M 8がGa N個4の殺師 個に拡茂して、我面のキャリア領度を十分に高くすることができる。こで、Au(金)個42は、いかゆるが不さる。ここで、Au(金)個42は、いかゆるの上にAu Ma 42を設けることも防止して、Ga N 四4 2を設けることもの。M の何 40 を保護し、熱処理の際にM 8が蒸発することを防止して、Ga N 四4へのM 8の拡放を促進することができる。また、ここで行う熱処理は、R 1 Eやイオン・ミリングなどのドライプロセスにより半導体圏に与えられたダメージを軽減して結晶性を回復させることにも作用する。

【0030】ここで、Mg個とAuMの街個構造を堆積する代わりに、MgMBとIn (インジウム) 個を積個しても良い。または、MgMBとInMBとAuMBを開個しても良い。さらに、AuまたはInの少なくともいずれかにMgを含有させた合金図を堆積しても良い。Inを用いる。GaNにAMMの場合にInGaNの環個が形成される。InGaNは、GaNと比較してバンドギャップが小さいたのanは、GaNと比較してバンドギャップが小さいたのanは、GaNと比較してバンドギャップが小さいたが、Pumumaをのオーミック接触をさらに良好することができる。

【0031】また、p型のドーパントとしては、Mgの他にも、各種のII 族元素を用いることができると考えられる。例えば、Be(ベリリカム)、Hg(水銀)、Zn(亜鉛)、Cd(カドミウム)などを用いても良好な結果が得られる可能性がある。さらに、p型ドーパントとしては、C(数等)などの各種の材料を用いることが

【0033】次に、図3(c)に投したように、n側電 を5を形成する。具体的には、まず、P型GaN個4と活性個3を部分的にエッチングして、n型GaN個2を鑑出させる。そして、熱CVD法によりS10, 限7を堆積し、PEP法を用いてパターニングする。さらに、エッチングにより露出させたn型GaN個2の上に下1

ニングして、800℃で20秒間程度のフラッシュアニ **岡5aとAu磨5bを蒸菇し、リフトオフによりパター ールを値すことにより、n型気格5を形成する。**

mのNi (ニッケル) 图13aを堆積し、さらに、スパ bを形成する。なお、Ni (ニッケル) 图13aの代わ [0034]次に、図3 (d)に殺したように、p圆亀 的に除去する。そして、凹凸加工されたp型GaN層4の上に、透明金鳳電極として真空蒸箱法により厚さ5n TO個13bの下にNiやPtなどの金属個13aを設 極13を形成する。具体的には、p型GaN層4の表面 のSiO。膜7をPEP法によりパターニングして部分 ッタ法により1TO (indium tin oxide) 遊明電極13 りに、Pt (白金) 固を用いても良い。このように、1 けるとITO層の付着強度を改換し、さらに接触抵抗も **低下させるいとができる。**

【0035】さらに、金 (Au) などを堆積しPEP法 によってパターニングすることによって、1丁O透明電極13と接続されたポンディング・パッド6を形成す

膜7は、図3(c)及び(d)に殺したように、発 Si〇,膜7は、ボンディング・パッド6の下部での発 光面3の周囲が終出しているメナ回回にも形成されてお り、また、n 側電極部分と透明電極と p 側電極の重なり [0036] ここで、P型GaN層4の表面に残された n型GaN層2を部分的に韓出させた後に形成したSi 光を防いで、発光効率を改替する役割を有する。なお、 部分を除く中国国極の周囲にも形成されている。

[0037] 図4は、このようにして得られた半導体発 特性をそれぞれ表す。また、これらの特性図においては、図10に装した従来の半導体発光器子の特性も併せ (a)は角流-亀圧特性、同図(b)は色流-光パワー 光珠子の特性を表すグラフ図である。すなわち、回図

は、3ボルトにおいて5ミリアンペアが得られ、電圧の 【0038】図4 (a)の観流-虹圧特性をみると、従 ミリアンペアであり、亀圧を増加に伴う観流の立ち上が 地加に伴って电流は急激に立ち上がっている。本発明の 3. 2ポルトと低く、従来の業子と比較して動作転圧を 来の素子の場合には、3ボルトにおいて動作低流は約1 りは複俊である。これに対して、本発明の業子の場合 紫子は、電流値が3.2ミリアンペアの時の虹圧が約 10%以上低下することができた。

[0039] 一方、図4 (b) の発光特性をみると、本 が分かる。例えば、動作電流20ミリアンペアにおける 光出力をみると、従来の繋子では0.45ミリワットで あるのに対して、本発明の紫子では0、95ミリワット が得られている。このように、本発明によれば、光取り 出し面に凹凸を設けることによって光の取り出し効率が 発明の素子は、従来と比べて光出力が倍増していること 向上し、従来の2倍以上の光出力が得られた。

【0040】また、本発明の発光案子の発光波長は、約 450ナノメータであった。さらに、本発明の紫子にお いては、p型GaN層4の表面のモフォロジは良好であ り、比較的厚く成長したにもかかわらず、「面荒れ」が 生ずることもなかった。さらに、p型GaN周4の表面 に形成した透光性電極間13の付着強度も良好であり、 **別離が生ずることもなかった。** [0041]以上群述したように、本発明によれば、p く、信頼性も良好な半導体発光紫子を提供することがで 即のオーミック接触が良好で、光の取り出し効率も高

きることが分かった。

前述した部分と同一の部分には、同一の符号を付して詳 細な説明は省略する。本変形例においては、p型GaN **图4の表面に、半円柱形状でなく、半球状の凸状部10** が形成されている。このようにしても、光の散り出し妙 00431図5は、本発明の第1の效形例を表す概念 斜視図である。同図においては、図1乃至図3に関して 100421次に、本発明の数形例にしいて説明する。 率すなわち、外部量子効率を改笹することができる。

後にエッチングすることにより図5に表したような半球 て前述したプロセスと俄略同様にして形成することがで きる。すなわち、p型GaN图4の上にレジストを円形 のパターンに形成し、加熱軟化させてレンズ形状とした 【0044】また、本変型例の凹凸形状は、図2に関し 状の凸状部10を形成することができる.

【0045】本変形例においても、図1に関して前述し **たものと同様に、活性周3から放出された光を外部に取** り出すことのできる確率、すなわち外部量子効率を大幅 に改替することができる。

10046] さらに、本貿形圏によれば、それぞれの半 は状レンズの凸部の下から放出される光をそれぞれの半 **以状レンズにより集光して外部に放出することができ** [0047]次に、本発明の第2の変形例について説明

[0048]図6は、本発明の第2の変形例を表す概念 46.

前述した部分と同一の部分には、同一の符号を付して詳 凸状部11が形成されている。このようにしても、光の 細な説明は省略する。本質形例においては、p型GaN **閏4の表面に、球状でなく、複数のメサストライプ状の** 取り出し効率すなわち、外部量子効率を改善することが 斜視図である。同図においても、図1乃至図3に関して 7.85.

【0049】また、本変型例の凹凸形状も、図2に関して前述したプロセスと概略同様にして形成することがで きる. すなわち、図2 (b)に殺したように、p型Ga N個4の上にレジストをストライプ状に形成し、加熱軟 化させずにエッチングすることにより図6に表したよう な形状の凹凸を形成することができる。

【0050】本效形例においても、図1に関して前述し

り出すことのできる確率、すなわち外部量子効率を大幅 たものと同様に、活性層3から故出された光を外部に取 に改善することができる。 100511さらに、本変形例によれば、図2(c)に [0052]次に、本発明の第3の変形例について説明 関して前述したようなレジストパターンの軟化工程が不 要であり、製造が容易であるという利点も有する。

斜視図である。同図においても、図1乃至図3に関して 前述した部分と同一の部分には、同一の符号を付して詳 細な説明は省略する。本変形例においては、p型GaN 图4の表面に、単一の半球アンズ状の凸状部12が形成 されている。このようにしても、光の取り出し効率すな 【0053】図7は、本発明の第3の変形例を表す概念 わち、外部量子効率を改善することができる。

10054]本変型例の凹凸形状も、図2に関して前述 **ーンが厚へ形成し、 넙蛇製化がわないとによって単一の** 半球状の形状に成形し、エッチングすることにより図7 したプロセスと概略同様にして形成することができる。 すなわち、P型GaN層4の上にレジストを円形のパタ に扱したようなレンズ形状を形成することができる。

たものと同様に、活性層3から故出された光を外部に取 り出すことのできる確率、すなわち外部量子効率を大幅 【0055】 校歿形倒においたも、図1 に関した信当し に改替することができる。 100561さらに、本変形例によれば、p型GaN厢 4の表面の凸部を単一のレンズ状としたことにより、高 い集光効果が得られ、ファイバなどへの結合効率を改善 することができる.

【0057】次に、本発明の第4の変形例について説明

【0058】図8は、本発明の第4の双形例を投す概念 斜視図である。同図においても、図1乃至図3に関して 前述した部分と同一の部分には、同一の符号を付して詳 個4の表面は平面であり、その上に堆積されたp

側透明 【0059】すなわち、透明虹極13として多用される ITOの屈折率は、約2.0であり、p型GaN層4の 細な説明は省略する。本変形例においては、P型GaN 低極13の表面が凹凸状に加工されている。このように しても、光の取り出し効率を改革することができる。

と透明電極13との間では、全反射は殆ど生ずることが なく、光は適り抜けることができる。そして、遊明电極 13に入射した光は、図1に関して前述した場合と同様 屈折率2.67に対して近い。従って、p型GaN周4 にその凹凸面において臨界角よりも小さい法線角度で入 計する確率が高くなり、その結果として、光の取り出し 効率を改確することができる。

[0060] さらに、本英施形態によれば、P型GaN 图4の表面を加工する必要がないため、加工に伴って生 じうる損傷を解消することができる。例えば、p型Ga The second section of the second section is a second section of the second section of the second section is a second section of the section of

N層4の装面を凹凸状に加工するために過度のプラズマ p個気をのオーミック接触が劣化するなどの問題が生 P型GaN層4の表面を加工する必要がないので、オー や荷電粒子に曝すと、p型GaN層4の設画が変質し、 ずることもある。これに対して、本英値形限によれば、 ミック接触を維持することが容易となる。

[0061] また、 存数形型においたは、 P型GaN面 4の表面に凹凸を形成する必要がないので、p型GaN **問4をそれ程厚く成長する必要がない。**

7は、図示したものには限定されず、図1~図3に例示 た、そのパターン十法は、活性困るから放出される光の 波長よりも大きくすることが望ましい。 すなわち、図示 した例においては、 国凸のストライプの個や高さを50 [0062] 透明電極13の表面に設ける凹凸のパター したようなパターンも回数に用いることができる。ま 0ナノメータ程度よりも大きくすることが望ましい。

【0063】一方で、1TOなどの透明電極は、数ミクロン程度まで写く堆積することが困難であるので、凹凸 のストライプの鮨や萬さを1ミクロン以下に形成する必 要が生ずる場合もある。このような微細なパターンを形 形成する際に用いられる方法であり、彼長が異なる2つ のレーザ光を合波し、ハーフミラーを介して 2 光束に分 「干渉桶」を生じさせる方法である。このようにして得 これは、光半導体紫子の回折格子(グレーティング)を 割し、それぞれの光束を対称に位置にある全反射ミラー でそれぞれ反射させて対象物に入射させることによって [0064] ソー耂光としては、 図えば、 He - C d V ーザ (波長:325ナノメータ) ヒArレーザ (波長: 成する方法としては、例えば、「干渉路光法」がある。 数値なストライン状パターンを形成することができる。 られた干渉組により、レジストを腐光することにより、 351ナノメータ)を用いることができる。

(0065)また、このような領笛パターンを形成する 方法として、「電子ビーム館光法」も挙げることができる。これは、電子線に対して感光性を有する材料をマス クとして用い、虹子ビームを走査することにより、所定 のパターンを形成する方法である。

[0066]次に、本発明の類5の短形例について説明

個4の表面は平面であり、その上には、p 側透明電極1 3が堆積され、さらにその上に遊光性を有する光取り出 10067]図9は、本発明の符5の数形例を投す概念 **| 甘述した部分と同一の部分には、回一の存みを付して詳** 細な説明は治略する。本效形例においても、p型GaN し個20が設けられている。そして、光段0出し個20 光の取り出し効率を改善することができる。また、本質 る必要がないので、加工に伴う損傷を防ぎ、p型GaN 斜視図である。同図においても、図1乃至図3に関して 形例においても、P型GaN層4の表面に凹凸を形成す の表面が凹凸状に加工されている。このようにしても、

閏4をそれ程厚く成長する必要もない。 なお、本変形例 の協合には、過光在低極圏13とボンディング低極6と を接続させて導通を確保する。

料としては、活性回3から放出される光に対して遊光性 を有し、且つp型GaN四4と近い屈折率を有すること が望ましい。 しまり、これらの層の屈折率がp型GaN 四4と近ければ、回問での光の全反射を低減し、光の取 (0068) 過光柱気極層13や光段の出し層20の枝 り出し効率を高くすることができる。また、光取り出し 雷20の材料として、導電性を有するものを用いれば、 **電流を拡げることができる点でさらに良い。**

ば、1T0を挙げることができる。また、光取り出し層 ので、大きな凹凸も容易に形成することができ、凹凸の 形状や大きさを圧倒に選択することが可能となる。樹脂 棒げることができる。 すなわち、ポリカーボネイトの屈 20の材料としては、例えば、Ganと屈折率が近い協 材料としては、具体的には例えば、ポリカーボネイトを **所率は約1.6程度で、GaNと比較的近い屈折率を有** 樹脂材料を用いる場合には、厚く形成することができる 脂などの有機材料や、無機材料を用いることができる。 【0069】 遊光性電極層13の材料としては、例え

2 (阻折率は約2.2~2.7)、ZnS(屈折率は約 窒化シリコン(Sin,)を挙げることができる。 すな むち、留化シリコンの阻抗母は、粒2.00kをり、Ga Nの屈折率と近いために、活性四3から放出された光が る。また、その他にも、例えば、Ing Og (屈折率は に、光取り出し個20の材料としては、導電性を有する 約2.0)、Nd2O2 (屈折率は約2.0)、Sb2 35)、B12O3(屈折率は約2.45)などを [0070]また、光取り出し層20の材料としては、 O, (屈折率は約2.04)、ZrO, (屈折率は約 **個間において全反射されることを防止することができ** 用いても同故に良好な枯果を得ることができる。さら 2.1)、CeO₂ (屈折率は約2.2)、TiO **金属数化物を用いても良い。**

【0071】以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の 面に設ける凹凸形状は、種々の形状が考えられ、規則的 形態にしい、説明した。しかし、本発明は、これらの具 体例に限定されるものではない。例えば、GaN層の表 あるいは不規則的な凹凸形状であっても同様の作用効果 を得ることができる。

応じて、衆子の積個構造や材料の組成を最適化すること ができ、例えば、活性图を多重量子井戸型の構造とした [0072]また、発光探子の構造は、当菜者が適宜変 **更して同様に実施することができる。すなわち、必要に** [0073]また、 基板として用いるものはサファイア り、活性層の上下にクラッド層を設けたりしても良い。 に限定されず、その他にも、例えば、スピネル、M8

r) (AITa)O3などの絶縁性基板や、SIC、S r 〉(AITa)O₃ 基板の場合には(111)面を用 それぞれの効果を得ることができる。ここで、ScAI i、GaAs、GaNなどの導電性基板も同様に用いて ば、サファイア基板の上にハイドライド気相成長法など により厚く成長したG a N層をサファイア基板から剥離 いることが望ましい。特に、GaNについては、例え してGaN茲板として用いることができる。

【0074】また、GaNのような導電性の基板を用い た場合には、発光素子のn側電極を基板の裏面側に設け ることもできる。

[0075]

【発明の効果】本発明は、以上説明したような形態で実 施され、以下に説明する効果を奏する。

とにより、活性層から故出された光の取り出し効率すな 【0076】まず、本発明によれば、半導体発光案子に おいて、光の取り出し面にレンズ状の凸部を形成するい わち、外部量子効率を大幅に改善することができる。

島い濃度で含有させ、p 側電極とのオーミック接触を確 り、発熱が増加したり、信頼性が低下したりすることは 【0077】また、本発明によれば、P型GaN層の表 面付近にマグネシウム(Mg)などのp型ドーパントを 保したので、凸部を形成しても、動作包圧が上昇した ほとんとない。

[0079]以上詳述したように、本発明によれば、動 【0078】また、本発明によれば、マグネシウムなど の安面に凹凸を設ける(凸部を形成する)ためには、G aN陌をある程度厚く形成する必要があり、p型ドーパ ントを高い識皮でドーピングしてGaN層を厚く成長す ると「面荒れ」が発生するという問題がある。これに対 して、本発明によれば、成長後にマグネシウムを導入す るので、P型GaN層の成長に際しては、ドーピング激 はない。 このため、凹凸を設けても、 虹極剥がれ等の不 作電圧の上昇や歩留まりの低下を抑えながら、外部量子 ドーピングかることによって、p型GaN層4の「面荒 れ」を回避することもできる。すなわち、p型GaN廟 度をさほど高くする必要がない。従って、p 型G a N 層 4を母く成長しても、この暦4の「面荒れ」を招くこと の金鳳層を設けてり型ドーパントを拡散により高濃度に 具合は生じにくく、歩留まりの低下もほとんどない。

効率が高い半導体発光案子を提供することができる。

છ

図1】本発明の半導体発光案子を表す概念斜視図であ 図面の簡単な説明】

|図2| 本発明の発光架子の要部製造方法を表す概略工 【図3】本発明の発光紫子の要部製造方法を表す概略工 程肪面図である。

【図4】 本発明の半導体発光紫子の特性を表すグラフ図

程断面図である

O. ScAIMgO, LaSrGaO, (LaS

3, 103 である。すなわち、同図(a)は観流ー観圧特性、同図 (b)は電流-光パワー特性をそれぞれ表す。

【図5】本発明の第1の変形例を扱す概念斜視図であ

n Can発光图

p型GaN图 n超GaN固

4,104 5, 105

サファイア茲仮

【図6】本発明の第2の変形例を表す概念斜視図であ

106 ボンディング・パッド

n包包存

9 シリンドリカルレンズ 7、107 电流阻止图

11 メサストライフ

12

10 半球レンズ 半段フンズ

[図7] 本発明の第3の変形例を扱す概念斜視図であ

【図8】本発明の第4の変形例を表す概念斜視図であ

【図9】本発明の第5の変形例を表す概念斜視図であ

【図10】従来の壁化物系半導体LEDの断面構造を表

13、113 p@透光性低極

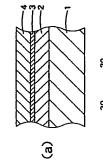
マグネシウム阻 20 光取り出し層

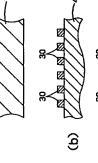
40

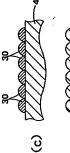
か散め図である。 【符号の説明】

[図1]

[図2]



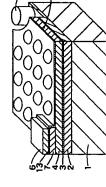


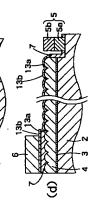


®

9







[图6]

[24]

(3) 電流一電圧特性20

(Am) 孤**望** 花 5 丸

[6図]

0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 配压(V)

(b) 電流 - 光パワー特性

(Wm)—⊄?\X ooooooooo -¤¤ran4wv∺

[88]

10 15 電流 (mA)

[区]

[図10]

ള. 8

2222

ξ

F ターム(勧歩) 5F041 ANO3 CA04 CA34 CA40 CA46 CA49 CA57 CA64 CA74 CA83 CA88 CA99 EE17

ター内

レロントペーンの税を

(72)発明者 野 崎 千 昭 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株 式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン

(#0)103-347586 (P2003-\$86